

應變觀測與地震前兆之分析研究

劉啓清

中央研究院地球科學研究所

摘 要

近年來連續衛星定位追蹤站(CGPS)普遍設置於高地震活動的區域，並交錯的設置了一些高精度的井下應變儀，這兩種儀器都可以用來觀測地殼的微小應變。應變之觀測是單純觀測地區本身的變形量，可以避開以往 GPS 觀測必須相對於某一穩定坐標的困擾，因此可以減少許多系統誤差所帶來的困擾。井下應變儀的觀測資料在移除各種非地殼構造活動相關的修正模式後，可以細微的觀測到地殼應變的時間序列，並可與其它各種觀測資料作綜合解釋及應用。而 GPS 固定站也是普遍的安裝在全省各地，用來觀測一地區每天之變形，通常以各測站的位移量或年平均位移速度來表示，有時幾個相鄰站的年平均速度也可化算成該地區的幾何變形，然而，GPS 測站間相距可能在數公里到數十公里，甚至達數百公里以上，所算出來的幾何變形真如化算時所假設的均勻變形，還是其間已有潛在斷層的破裂滑動，甚至是非均勻性的變形都是未可知的，這些都會影響到最終的解釋。

井下應變儀的特性及在於其高精度 (10^{-9})與其連續的高取樣率(可有 $0.000004\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$ 的穩定紀錄)，但其造價昂貴，很難普遍設置，而且其受空氣壓力、地下水與地下溫度變化的影響相當大，會被誤解釋為地殼應變的變化。GPS 固定站現在已普遍設置於地殼活動區域，通常每十公里~百公里左右會有一個測站，其可以用來觀測地殼的位移，其精度大約是 2.0 公分的每日座標解，但再地殼變動大的區域很難找到穩定的參考點，因此，往往困惑於其所測出來的微小位移或速度是否為真正的地殼變動。

在地震或斷層活動的研究觀測中，主要是要觀測地殼的應變，因此，只是相對的變形量，不需引用百公里外的參考點來求得絕對的變動量，因此，相對穩定的 GPS 程序可以求得測站間的精密距離及其變化，通常在數十公里間可達次公分的精度，因此，對於一個單一斷層系統來說，其地殼應變的觀測應該可以達到 10^{-7} 左右，雖不及井下應變儀的精度，但仍可以做有效率的應用。

井下應變儀與 GPS 觀測的結果，另外有一個不同點，就是在斷層附近，若在間震期時，井下應變儀的穩定值應該是該斷層系統中最大變動之處，而在 GPS 的位移觀測中卻是最小之處，而且在 GPS 觀測中若偵測到一個變形量，並不一定表示該斷層的應變已經累積了，因為若斷層已破裂時，在遠離斷層(數公里到數十公里外)所觀測的結果可能都是一樣的位移變化。因此，結合 GPS 觀測網與井下應變儀觀測站的聯合地殼變動網才是現代地殼監測的最佳組合。

井下應變儀的觀測，由於其超高的精度，已在近年來成為觀測慢地震的最佳利器。地殼釋放能量已被認知除了一般所認知的地震活動外，上有地殼的顫動(Tremor) 與慢地震的可能性，因此，本文針對結合 GPS 與應變井下應變觀測的聯合解釋踏出了第一步，二者有相同

之處，也有不同之處，其中還有許多尙待突破的異同點，在這過程中，將有助於科學家對地震，或是對地殼的能量釋放的物理過程的了解，也或許對地震的前兆觀測也有所助益。

關鍵詞：地殼變形、井下應變儀、斷層活動